

5. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машиностроении. – К.: Техніка, 1970. – 396с.
6. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424с.
7. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии. – М.: Машиностроение, 1986. – 360с.
8. Пашечко М.І., Поплавський О.В. Вплив поверхневої сегрегації атомів на трибологічні властивості.
9. Кальнер В.Д., Зимберман А.Г. Практика микрозондовых методов исследования металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1981. – 214с.
10. Нефёдов В.И., Черепанин В.Г. Физические методы исследования поверхности твёрдых тел. – М.: Наука, 1983. – 316с.

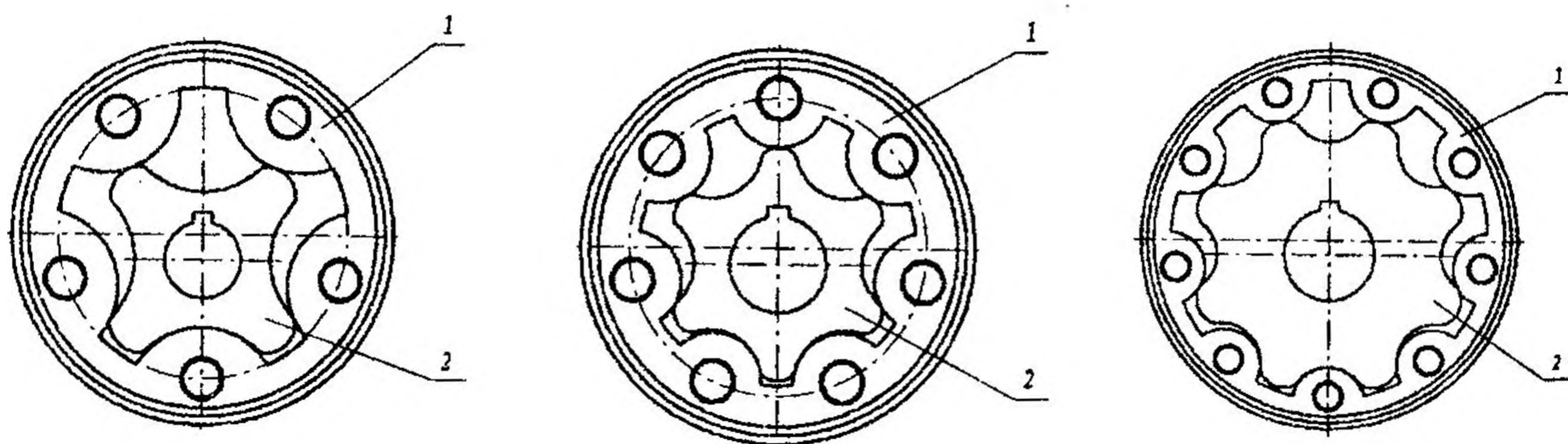
УДК 621.923.01

М. М. Підгаєцький, О. І. Скібінський

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИВИХ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ПРОФІЛЬ ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРОБКИ ЦІВКОВОГО КОЛЕСА ПОЗАЦЕНТРОЇДНОЇ ЕПІЦИКЛОЇДАЛЬНОЇ ЦІ- ВКОВОЇ ПЕРЕДАЧІ

Позацентроїдні епіциклоїдальні цівкові передачі (ПЕЦП) (рис. 1) мають широке застосування в гідравлічних та інших машинах. Функційна працездатність передач у значній мірі залежить від точності і шорсткості робочих профілів.

Задані вимоги технологічно важко забезпечити у зв'язку із тим, що робочі профілі передач утворені складними геометричними лініями, перемінного радіусу кривизни. Це приводить до необхідності використання складних інструментів, які важко виготовити і оснастити прогресивними різальними матеріалами.



1 – цівкове колесо; 2 – зубчасте колесо

Рисунок 1 – Позацентроїдні епіциклоїдальні цівкові передачі

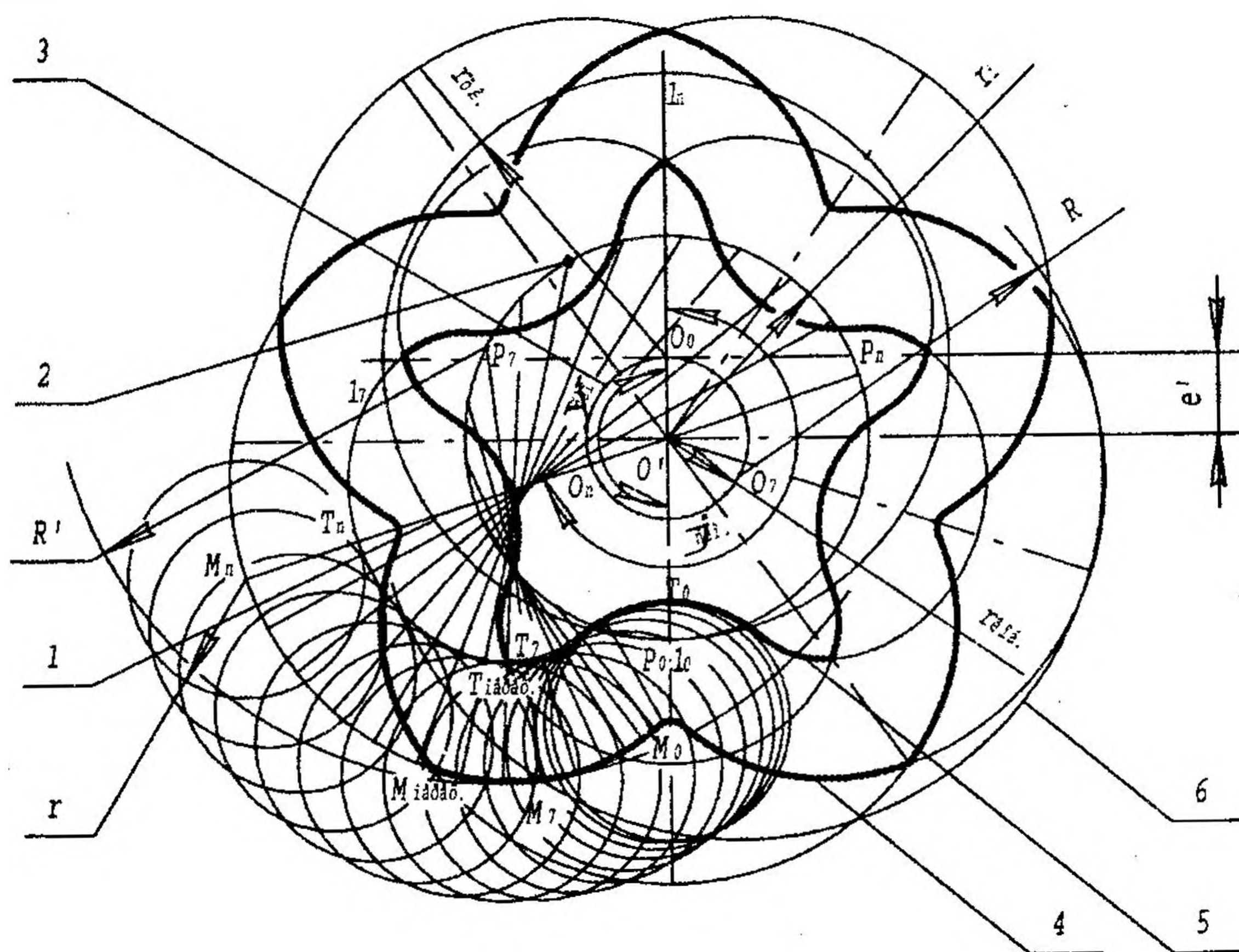
Відомі фірми, які спеціалізуються на випуску передач (NICOLS-США, PARKER-США, Італія, MANNESMAN - Німеччина) використовують спеціальні верстати і інструменти, що працюють за різними способами: копіювання, обкату із дискретним діленням, чистого обкату.

Дослідження проведені в ряді робіт [1, 2, 3, 4, 8] визначають способи виготовлення, але не мають універсальних формул для визначення профілю інструмента та аналізу можливих схем формоутворення.

В зв'язку із тим, що вказані передачі набувають широкого застосування, постає задача вивчення та вдосконалення способів обробки профілів передач з метою створення інструментів та можливістю оснащення їх прогресивними різальними матеріалами які б забезпечили необхідні умови обробки.

В даній роботі виконано графічний та аналітичний синтез верстатного зачеплення інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється, розглянуто можливі схеми профілювання інструмента, отримано формули для розрахунку кривих, що визначають профіль інструмента.

Схема графічного синтезу зачеплення інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється представлена на рис. 2.



1- центроїда цівкового колеса яке оброблюється; 2-центроїда інструмента;
3- коло обкату; 4-епіциклоїдальна крива; 5-еквідистанта до епіциклоїдальної кривої; 6-коло центрів цівок цівкового колеса; $O_0...O_n$ – точки положення рухомого центру центроїди цівкового колеса яке оброблюється в результаті її обко-
чування без ковзання по нерухомій центроїді інструмента; O' - нерухомий центр центроїди інструмента та кола обкату; $P_0...P_n$ – точки ділення центроїди інструмента, що визначають полюс зачеплення; $l_0...l_n$ – точки ділення центроїди цівкового колеса яке оброблюється; $M_0...M_n$ – точки, які утворюють епіциклоїдальна криву; $T_0...T_n$ – точки, які утворюють еквідистанту до епіциклоїдальної кривої

Рисунок 2 – Графічний синтез зачеплення інструмент-цівкове колесо яке оброблюється

Вихідні данні для проведення синтезу згідно рис. 2:

e – величина ексцентриситету ПЕЦП;

$z_{з.к.}$ – кількість зубців зубчастого колеса ПЕЦП;

r – радіус цівки цівкового колеса;

R – радіус кола центрів цівок цівкового колеса;

φ – кут повороту центру центроїди цівкового колеса;

ψ – кут ділення центроїди цівкового колеса;

n – кількість точок ділення;

Вихідні данні для проведення синтезу на основі апріорних досліджень умов обробки та робіт [5, 6, 7]:

$z_{ц.к.}$ – кількість зубців цівкового колеса, яке оброблюється ($z_{ц.к.} = z_{з.к.} + 1$);

z_i – кількість зубців інструмента визначається за формулою:

$$z_i = z_{ц.к.} - k, \quad (1)$$

де $k \geq 2$, визначається із умови, що робочий профіль інструмента не контактує одночасно із усіма цівками колеса, що оброблюється;

$r_{ц.к.}$ – радіус центроїди цівкового колеса, яке оброблюється ($r_{ц.к.} = e \cdot z_{ц.к.}$);

r_i – радіус центроїди інструмента ($r_i = e \cdot z_i$);

e' – величина ексцентриситету в зачепленні інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється ($e' = r_{ц.к.} - r_i$);

$r_{к.об.}$ – радіус кола обкату ($r_{к.об.} = e'$);

Для отримання кривої 5, яка визначає повний профіль одного зуба інструмента необхідно щоб центр O_0 центроїди цівкового колеса 1 перемістився по колу обкату 3 в результаті обкочування центроїди цівкового колеса 1 без ковзання по центроїді інструмента 2 на кут φ , що визначається за формулою:

$$\varphi = 360^\circ \cdot \frac{z_{ц.к.}}{z_i}. \quad (2)$$

Оскільки профіль кривої, що визначає повний профіль зуба інструмента має симетричні ділянки, то достатньо визначити профіль кривої в межах кута $\varphi_{сим.}$:

$$\varphi_{сим.} = 180^\circ \cdot \frac{z_{ц.к.}}{z_i}. \quad (3)$$

Кут ψ , який визначає довжину дуги центроїди цівкового колеса 1, що відповідає довжині дуги центроїди інструмента 2 в результаті їх обкочування без ковзання визначається по формулі:

$$\psi_{сим.} = \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \varphi_{сим.} \quad (4)$$

Профіль інструмента 5 визначається як еквідистанта до епіциклоїдальної кривої 4.

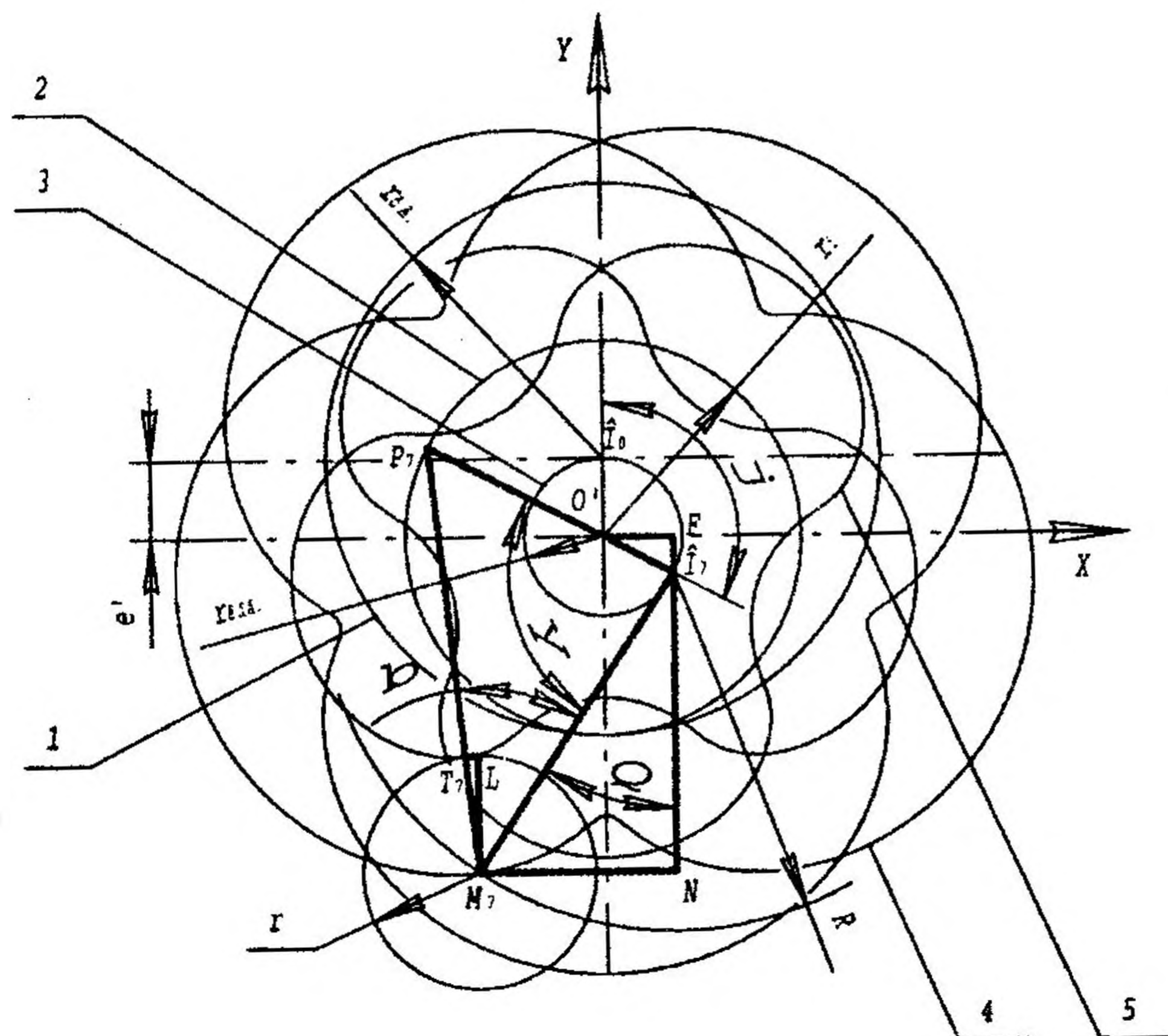
Крива 5, яка визначає повний профіль зуба інструмента (еквідистанта до епіциклоїдальної кривої), має дві ділянки: робочу $T_0T_{\text{пер}}$ та допоміжну $T_{\text{пер}}T_n$ - яка не визначає робочий профіль зуба інструмента.

Схема для проведення графічного синтезу представлена на рис. 3.

Виконавши відповідні побудови та розв'язавши ряд рівнянь, отримуємо формули для визначення координат:

– епіциклоїдальної кривої 4:

$$\begin{aligned} x &= NM_7 - O_7F = R \cdot \sin\left(\varphi \cdot \frac{z_{\text{ц.к.}} - z_i}{z_{\text{ц.к.}}}\right) - e' \cdot \sin(\varphi), \\ y &= NO_7 + O_7F = R \cdot \cos\left(\varphi \cdot \frac{z_{\text{ц.к.}} - z_i}{z_{\text{ц.к.}}}\right) - e' \cdot \cos(\varphi), \end{aligned} \quad (5)$$



1- центроїда цівкового колеса яке оброблюється; 2-центроїда інструмента; 3- коло обкату; 4-епіциклоїдальна крива; 5-еквідистанта до епіциклоїдальної кривої; O_0, O_7 – точки положення рухомого центру центроїди цівкового колеса яке оброблюється в результаті її обкочуванню без ковзання по нерухомій центроїді інструмента; O' - нерухомий центр центроїди інструмента та кола обкату; P_0, P_7 – точки ділення центроїди інструмента, що визначають полюс зачеплення; M_7 – точка, яка знаходиться на епіциклоїдальній кривій; T_7 – точка, яка знаходиться на еквідистанті до епіциклоїдальної кривої

Рисунок 3 – Розрахункова схема для проведення аналітичного синтезу зачеплення інструмент - цівкове колесо, яке оброблюється

– еквідистанти до епіциклоїдальної кривої (яка визначає повний профіль інструмента):

$$\begin{aligned}x_i &= x + LT_7 = x + r \cdot \sin(\beta - \theta), \\y_i &= y - LM_7 = y - r \cdot \cos(\beta - \theta),\end{aligned}\quad (6)$$

де

$$LT_7 = r \cdot \sin(\beta - \theta), \quad LM_7 = r \cdot \cos(\beta - \theta), \quad (7)$$

$$\theta = \varphi \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}}, \quad (8)$$

$$\beta = \arcsin \left(\frac{r_{ц.к.} \cdot \sin \left(\varphi \cdot \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \right)}{\sqrt{R^2 + r_{ц.к.}^2 - 2 \cdot R \cdot r_{ц.к.} \cdot \cos \left(\varphi \cdot \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \right)}} \right). \quad (9)$$

Підставляючи відповідні значення із формул (7, 8, 9) маємо:

$$\begin{aligned}x_i &= R \cdot \sin \left(\varphi \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \right) - e' \cdot \sin(\varphi) + r \cdot \sin \left[\arcsin \frac{r_{ц.к.} \cdot \sin \left(\varphi \cdot \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \right)}{\sqrt{R^2 + r_{ц.к.}^2 - 2 \cdot R \cdot r_{ц.к.} \cdot \cos \left(\varphi \cdot \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \right)}} - \varphi \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \right], \\y_i &= R \cdot \cos \left(\varphi \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \right) - e' \cdot \cos(\varphi) - r \cdot \cos \left[\arcsin \frac{r_{ц.к.} \cdot \sin \left(\varphi \cdot \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \right)}{\sqrt{R^2 + r_{ц.к.}^2 - 2 \cdot R \cdot r_{ц.к.} \cdot \cos \left(\varphi \cdot \frac{z_i}{z_{ц.к.}} \right)}} - \varphi \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \right].\end{aligned}\quad (10)$$

Знайдені формули (10) дають змогу знайти профіль кривої, яка визначає профіль інструмента для обробки цівкового колеса ПЕЦП зубодовбанням в умовах обкату.

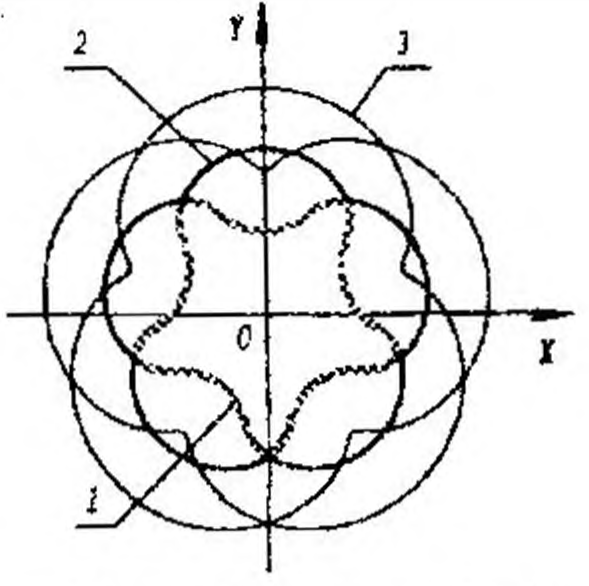
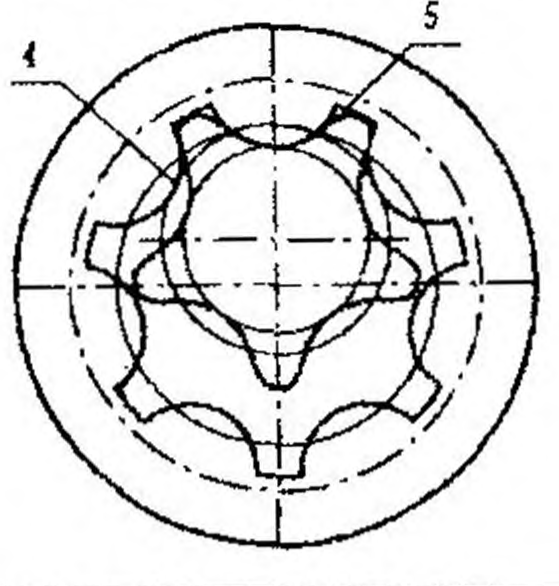
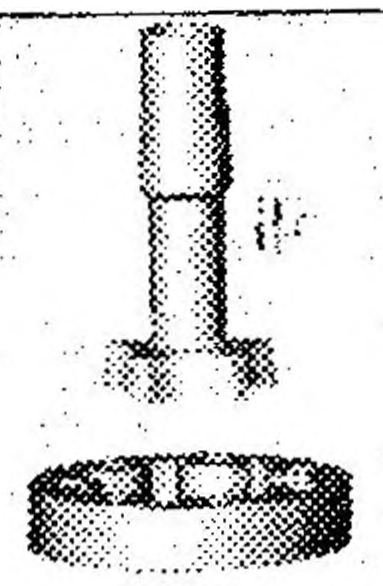
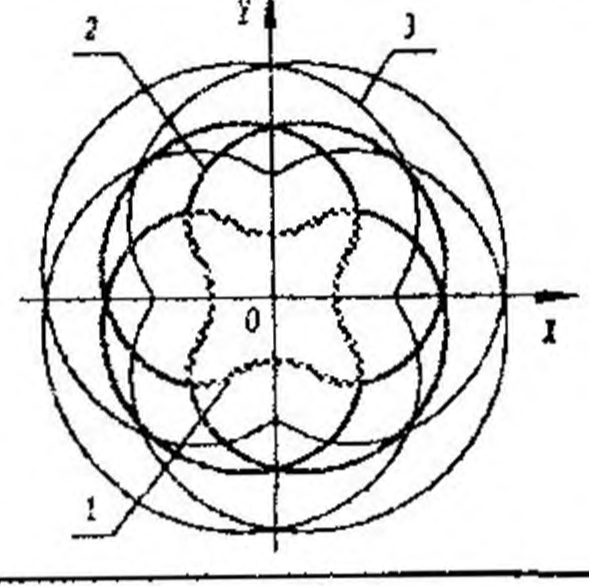
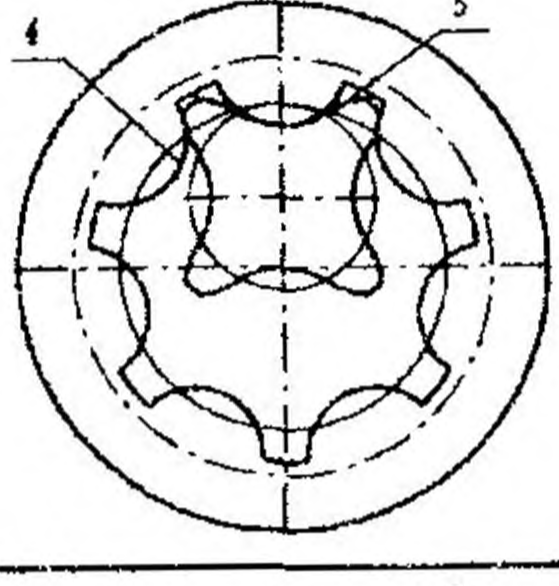
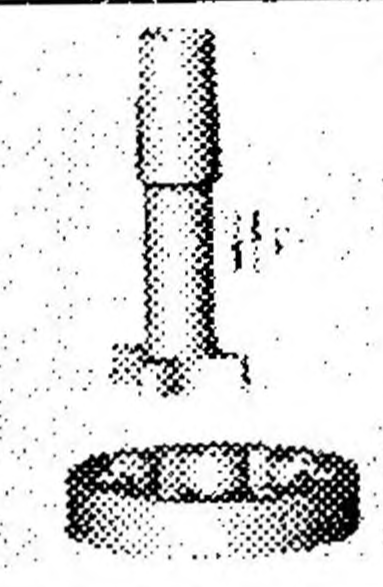
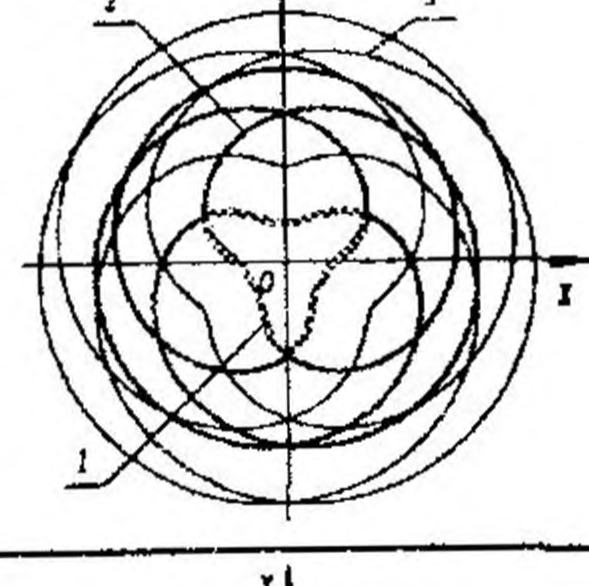
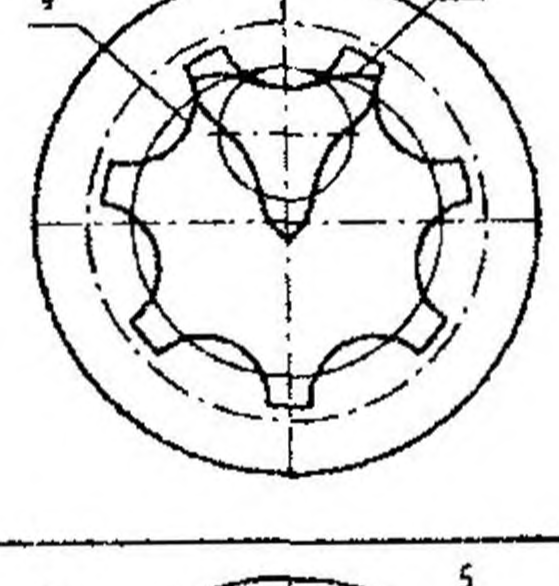
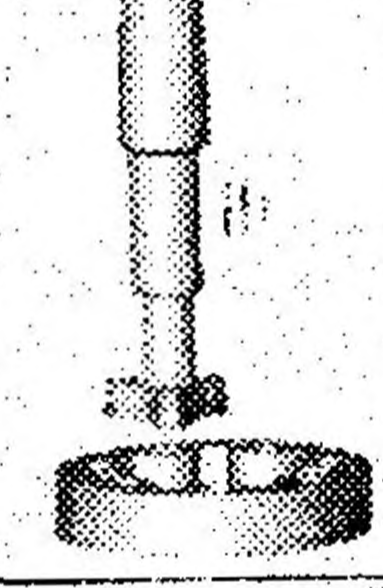
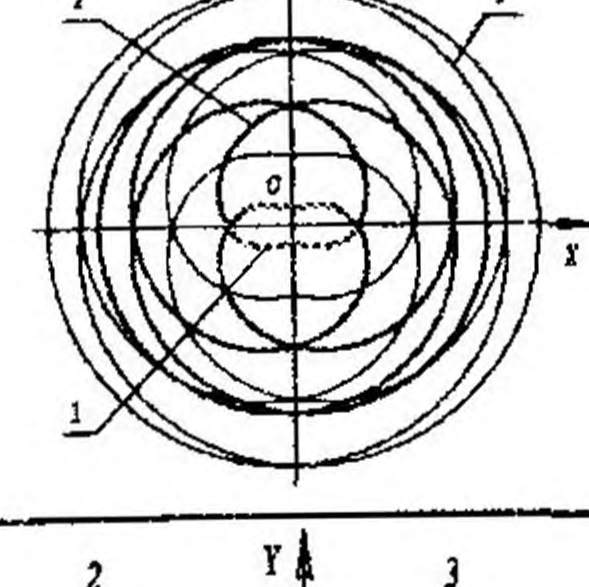
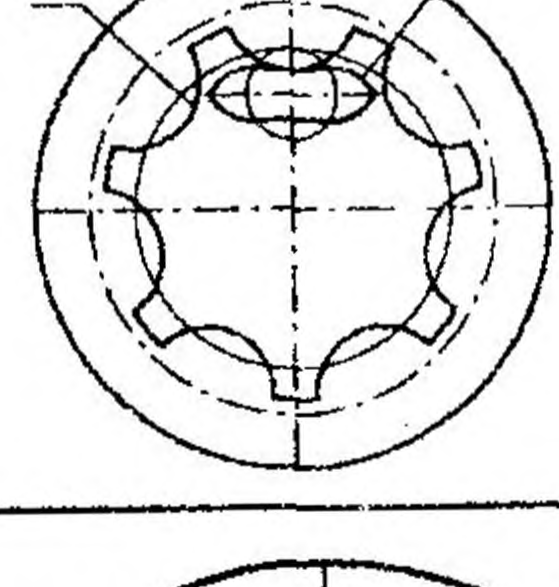
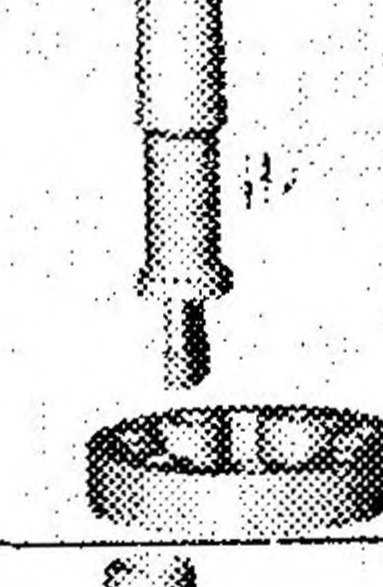


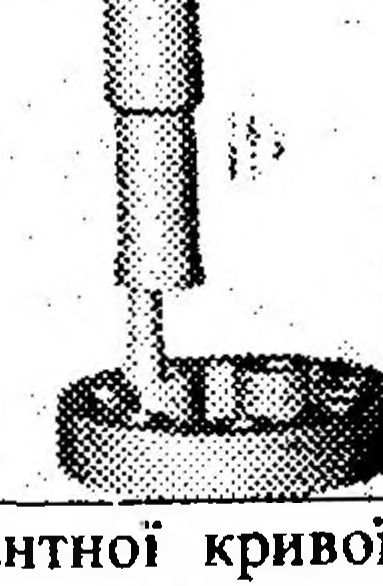
В таблиці представлені можливі варіанти схем утворення профілів та схеми верстатних зачеплень інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється.

Схеми верстатних зачеплень при використанні інструменту з $z_i = 2, z_i = 3, z_i = 4, z_i = 5$ можуть працювати як в умовах обкату при узгодженому обертанні інструмента і цівкового колеса, яке оброблюється навколо власних вісей, так і в умовах обкату при виконанні цівковим колесом, яке оброблюється, планетарного руху при нерухомому інструменті і навпаки.

Схема верстатного зачеплення при використанні інструменту з $z_i = 1$ можлива в умовах обкату, при обертовому русі інструмента навколо власної осі і узгодженому пла-

нетарному русі цівкового колеса, яке оброблюється і навпаки, та при узгоджених оберта-
льних рухах інструмента і цівкового колеса, яке оброблюється навколо власних вісей.

Таблиця 1 – Система процесів формоутворення ПЕЦП в умовах обкату

Вхідні Умови	Схема утворення епі- цикл-лоїдального та еквідистантного епіци- клоїдального профілів	Схема верстатного зачеплен- ня інструмент-цівкове коле- со, яке оброблюється	Схема процесу об- робки
$z_{ц.к.} = 7$ $z_i = 5$			
$z_{ц.к.} = 7$ $z_i = 4$			
$z_{ц.к.} = 7$ $z_i = 3$			
$z_{ц.к.} = 7$ $z_i = 2$			
$z_{ц.к.} = 7$ $z_i = 1$			

1-робоча ділянка еквідистантної кривої; 2-допоміжна ділянка еквідистантної кривої; 3-
епіциклоїдальна крива; 4-профіль цівкового колеса; 5-профіль інструмента.

Схеми при використанні інструменту з $z_i = 3, z_i = 4, z_i = 5$ доцільно використо-
вувати для попередньої обробки не термооброблених деталей, а схеми з $z_i = 2, z_i = 1$

найбільш доцільно використовувати для чистової обробки термооброблених деталей (особливо схему при $z_i = 1$ в зв'язку з тим, що інструменту не притаманні крокові похибки). Інструмент при схемах $z_i = 2, z_i = 1$ є можливість оснащувати прогресивними різальними матеріалами.

Профіль інструмента визначений за формулою (10) підлягає коригуванню, яке пов'язане із виявленням та обмеженням робочих та допоміжних ділянок профілю, наявністю передніх та задніх кутів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Полюшков А.Г. Насосы с внецентроидным эциклоидальным зацеплением. // Вестник машиностроения. - 1971. - № 11. - С. 51 - 53.
2. Шанников В.М. Планетарные редукторы с внецентроидным зацеплением. - Л.: Машгиз, 1948. - 172 с.
3. Цепков А.В., Кочнев А.М. Профилирование инструментов для изготовления внецентроидного циклоидального зацепления // Станки и инструмент. - 1972. - № 2. - С. 35 - 37.
4. Шевцов Е.Н., Сергеев С.Т. Пректирование внутреннего цевочного зацепления с учетом технологии его изготовления // Детали машин. - Киев: - 1985. - Вып. 41. - С. 16 - 21.
5. Калужников А.Н. Геометрический расчет профилей зубьев цевочных передач // Вестник машиностроения. - 1968. - № 3. - С. 9 - 13.
6. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. - М.: Наука, 1968. - 585 с.
7. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. - М.: Наука, 1975. - 872 с.
8. Sosdean D., Putz V., A computer - aided method of determining the consugate profiles in hobbing. //Bul. Sti. Si tehn. Inst. Politexu. Timisoara. Mec. -1987. -32/ -№1-2. - С.87-92.

УДК 621.9.047

А.М.Бровченко, В.В.Коваленко, М.Ф.Волченко

АЛМАЗНО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ РЕЗКА МАГНИТОВ И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Широкое применение изделий из твердых сплавов и высококоэрцитивных магнитных сплавов заставляет искать методы, интенсифицирующие процесс обработки этих труднообрабатываемых материалов. Проведенный анализ показал, что для обработки сплавов типа ЮНДК все многообразие методов обработки может быть сведено к следующим:

- 1) абразивный метод резки вулканитовыми и бакелитовыми отрезными кругами;
- 2) анодно-механический;